



(51) 国際特許分類 H01S 5/022	A1	(11) 国際公開番号 WO00/60711  (43) 国際公開日 2000年10月12日(12.10.00)
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP00/02207</p> <p>(22) 国際出願日 2000年4月5日(05.04.00)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平11/98243 1999年4月5日(05.04.99) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒545-8522 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 Osaka, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 下中 淳(SHIMONAKA, Atsushi)[JP/JP] 〒630-8325 奈良県奈良市西木辻町150-2 エスポワール奈良八嘉803 Nara, (JP) 河西秀典(KAWANISHI, Hidenori)[JP/JP] 〒631-0804 奈良県奈良市神功6-6-1 ナチュラガーデン高の原3-413 Nara, (JP) 榎本和弘(EMOTO, Kazuhiro)[JP/JP] 〒617-0814 京都府長岡京市今里樋の尻24-7 Kyoto, (JP)</p>		<p>(74) 代理人 山本秀策(YAMAMOTO, Shusaku) 〒540-6015 大阪府大阪市中央区城見一丁目2番27号 クリスタルタワー15階 Osaka, (JP)</p> <p>(81) 指定国 JP, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD, AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM AND OPTICAL SENSOR SYSTEM</p> <p>(54) 発明の名称 半導体レーザ素子及びその製造方法、並びに光通信システム及び光センサーシステム</p> <p>(57) Abstract High-output coherent light is prevented from being emitted into the space from a semiconductor laser device to ensure the safety of the eyes and to improve the reliability. All or part of the surface of a molded resin (4) is roughened. The roughened portion diffuses light. Alternatively, a cap and a cap glass having a light-diffusing function are integrally molded. Further alternatively, a resin part mixed with a material of different refractive index or a resin part made of a birefringent resin is provided out of contact with the laser chip so that the resin part diffuses light. Still further alternatively, having a resin part mixed with a material of different refractive index or a region of a birefringent resin material is provided out of the laser chip so that the region diffuses light.</p> <div data-bbox="1201 1713 1878 2598"></div>		

(57)要約

半導体レーザ素子から高出力のコヒーレント光が空間へ放出されるのを防いで  
眼に対する安全性を確保し、かつ、信頼性を向上させる。

モールド樹脂 4 の表面の全部もしくは一部を粗面化し、その粗面部分によって  
光を拡散する。または、キャップと光拡散機能を有するキャップガラスを樹脂で  
一体化する。または、屈折率が異なる材料を混入した樹脂部や、複屈折性を有す  
る樹脂材料からなる樹脂部をレーザチップと接触しないように設け、その樹脂部  
によって光を拡散させる。または、樹脂部に屈折率が異なる材料を混入した領域  
や、複屈折性を有する樹脂材料からなる領域をレーザチップと接触しないように  
設け、その領域によって光を拡散させる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア 共和国	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	MN	モンゴル	TZ	タンザニア
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MX	メキシコ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MZ	モザンビーク	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノールウェー	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	KR	韓国				

## 明 細 書

半導体レーザ素子及びその製造方法、  
並びに光通信システム及び光センサーシステム

5

## 技術分野

本発明は、通信用、医療用、工業用センサー等、光通信システムや光センサーシステムに幅広く用いられる半導体レーザ素子及びその製造方法に関し、特に、無線通信やセンサー用光源等、空間にその光が放射され、人が直接光源を見るような用途に用いられる半導体レーザ素子及びその製造方法、並びにそれを用いて眼に対する安全性を確保した光通信システムや光センサーシステムに関する。

10

## 背景技術

従来の空間放射型半導体発光素子の例として、特開平 8 - 2 6 4 8 8 5 号公報に開示されているものを図 1 0 に示す。

15

この半導体発光素子は、レーザチップ 1 が金属製のヒートシンク 6 に半田付けされ、その上面と電極（リードフレーム）3 とがワイヤ 3 a により電氣的に接続されている。ヒートシンク 6 はステム 8 上に一体化して形成されている。さらに、拡散板 5 が接着されたキャップ 9 によってレーザチップ 1 が密閉されている。

20

この半導体発光素子においては、レーザチップ 1 から出射した光は拡散板 5 へと放射され、拡散板 5 によって光の方向や位相が乱されて散乱される。これにより放射光のコヒーレンシーを低減させて眼に対する安全性を確保した上で、空間へと放出させる。

25

さらに、光拡散機能を実現する他の方法として、シリカ系樹脂をエポキシ系樹脂に混合したものをを用いてレーザチップをモールドする方法も知られている。この方法では、エポキシ系樹脂とシリカ系樹脂との屈折率の違いからレーザ光の方

向が散乱されて、放射光のコヒーレンシーが低減される。一般に、エポキシ系の材料がレーザ光に対して透明であり、シリカ系の材料がレーザ光に対して不透明であるため、エポキシ系樹脂にシリカ系樹脂を少量混入したものが用いられている。

- 5       しかしながら、図10に示したような拡散板5を用いた場合には、半導体レーザ素子の使用環境において、搭載機器の落下等によって拡散板が破損する等の問題が生じ、高出力のコヒーレント光が空間へ放出されるという懸念があった。

10       さらに、拡散材料を混入した樹脂を用いてレーザチップをモールドした場合、例えばシリカ系樹脂を混入した樹脂を用いた場合には、シリカ系樹脂の透湿性が高いため、使用と共にワイヤの劣断やレーザチップ端面の劣化等の問題が生じて信頼性が低下していた。

15       本発明は、このような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、高出力のコヒーレント光が空間へ放出されるのを防いで眼に対する安全性を確保することができ、さらに、信頼性を向上させることができる半導体レーザ素子及びその製造方法、並びにそれを用いた光通信システム及び光センサーシステムを提供することを目的とする。

#### 発明の開示

20       本発明の半導体レーザ素子は、光放射側表面の全部もしくは一部が粗面化され、またはレーザチップと相対する面の全部もしくは一部が粗面化された樹脂部を有し、該樹脂部の粗面化された部分によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減され、そのことにより上記目的が達成される。

25       本発明の半導体レーザ素子は、レーザチップを収納している容器と光拡散機能を有する封止部材とを一体化させる樹脂部を有し、該封止部材によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減され、そのことにより上記目的が達成される。

本発明の半導体レーザ素子は、屈折率が異なる材料を混入した樹脂部、または複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部がレーザチップと接触しないように設けられ、該樹脂部によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減され、そのことにより上記目的が達成される。

5 本発明の半導体レーザ素子は、屈折率が異なる材料を混入した領域、または複屈折性を有する樹脂材料からなる領域を一部に有する樹脂部が、該領域がレーザチップと接触しないように設けられ、該領域によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減され、そのことにより上記目的が達成される。

10 前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の中央付近の形状が、該レーザチップの光出射点を曲率中心とする曲面であるのが好ましい。

前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の周辺部の形状が、該レーザチップとは反対側に曲率中心を有する曲面であるのが好ましい。

前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の中央付近の形状がほぼ平坦であり、周辺部の形状が凸状であるのが好ましい。

15 前記樹脂部は、前記凸状部分の少なくとも光通過部での法線が、該レーザチップから発振される光のピークの光線ベクトルに対してなす角度が $0^\circ$ より大で $3^\circ$ 以下であるのが好ましい。

前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の中央付近の形状がほぼ平坦であり、周辺部が粗面化されているのが好ましい。

20 前記樹脂部は、複屈折性を有する樹脂材料からなってもよい。

本発明の半導体レーザ素子は、複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部とレーザチップとが一体化され、該樹脂部によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減され、そのことにより上記目的が達成される。

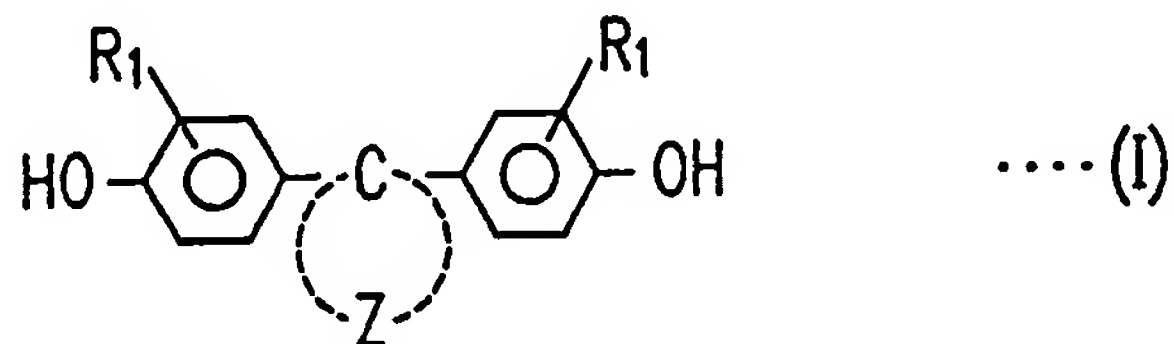
25 前記複屈折性を有する樹脂材料は、半導体レーザ素子の発振波長での固有複屈折値 $\Delta n$ と、該波長での平均屈折率 $n$ とが、 $\Delta n / n^2 > 0.0015$ の関係を満たすのが好ましい。

前記複屈折性を有する樹脂材料は、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニレンオキサイド、ポリアリルスルホン、ポリアミドイミド、ポリオレフィン、ポリアクリロニトリル、セルロース及びポリエステルの中の１種類であるか、これらの２種類以上のポリマーブレンドであるか、またはこれらの１種類もしくは２種類以上を含むポリマーブレンドであってもよい。

前記複屈折性を有する樹脂材料は、芳香族ポリエステルであってもよい。

前記芳香族ポリエステルは、ポリアリレートまたはポリカーボネートであってもよい。

前記芳香族ポリエステルは、下記一般式（I）で示される２価のフェノール化合物と芳香族ジカルボン酸とから得られるポリアリレート、または該フェノール化合物とホスゲンとから得られるポリカーボネートであってもよい。



本発明の半導体レーザ素子の製造方法は、光放射側表面の全部もしくは一部が粗面化され、またはレーザチップと相対する面の全部もしくは一部が粗面化された樹脂部を有する半導体レーザ素子を製造する方法であって、レーザチップまたは該レーザチップを収納している容器を樹脂材料でモールドする工程と、該樹脂材料を硬化させると共に該当する部分を粗面化させる工程とを含み、そのことにより上記目的が達成される。

本発明の半導体レーザ素子の製造方法は、光放射側表面の全部もしくは一部が粗面化され、またはレーザチップと相対する面の全部もしくは一部が粗面化された樹脂部を有する半導体レーザ素子を製造する方法であって、レーザチップまたは該レーザチップを収納している容器を樹脂材料でモールドし、該樹脂材料を硬



化させる工程と、硬化された樹脂の該当する部分を粗面化させる工程とを含み、そのことにより上記目的が達成される。

前記硬化された樹脂の該当する部分を粗面化させる工程を、該当する部分をエッチングするか、研磨するか、または粗面を有する金型を圧着することにより行うことができる。

本発明の光通信システムは、本発明の半導体レーザー素子を備えており、そのことにより上記目的が達成される。

本発明の光センサーシステムは、本発明の半導体レーザー素子を備えており、そのことにより上記目的が達成される。

以下、本発明の作用について説明する。

本発明にあつては、後述する実施形態 1 に示すように、モールド樹脂等の樹脂部の光放射側表面の全部もしくは一部を粗面化し、または後述する実施形態 8 に示すように、キャップガラスをキャップに一体化させるための樹脂等の樹脂部のレーザーチップと相対する面の全部もしくは一部を粗面化している。このように樹脂部の粗面化された部分によって光を拡散して放射光のコヒーレンシーを低減することができるので、従来のように拡散板が破損して眼に対する安全性が懸念されたり、シリカ系樹脂により半導体レーザー素子の信頼性が低下するという問題は生じない。

この樹脂部は、樹脂材料でモールドした後で樹脂の硬化時に金型等を用いることにより、所望の部分を容易に粗面化させることができる。或いは、樹脂材料を硬化させた後で、該当する部分をエッチングするか、研磨するか、または粗面を有する金型を圧着することによっても、所望の部分を容易に粗面化させることができる。

さらに、後述する実施形態 1 2 に示すように、樹脂部に複屈折性を有する樹脂材料を用いてその表面を粗面化することにより、樹脂材料自体の有する光拡散性と表面の粗面化による光拡散性の 2 つの拡散機能が結合されて、より効果的に光

を拡散させることができ、安定性の良い半導体レーザ素子を得ることができる。

他の本発明にあっては、後述する実施形態 2 に示すように、レーザチップを収納しているキャップ等の容器と拡散板等の光拡散機能を有する封止部材（キャップガラス）とを樹脂部で一体化している。このように拡散機能を有する封止部材が樹脂により一体化されているので、従来のように拡散板が破損して眼に対する安全性が懸念されたり、シリカ系樹脂により半導体レーザ素子の信頼性が低下するという問題は生じない。

他の本発明にあっては、後述する実施形態 2 ～実施形態 4 に示すように、屈折率が異なる材料を混入した樹脂部を設けている。この樹脂部に含まれる材料の屈折率の違いによって光を拡散させて放射光のコヒーレンシーを低減することができるので、従来のように拡散板が破損して眼に対する安全性が懸念されることはない。また、レーザチップが樹脂部と接触していないので、環境温度の変化による応力歪み等が生じず、さらに、シリカ系樹脂等の透湿性を有する材料を含んでいても信頼性が低下することはない。

或いは、後述する実施形態 9 及び実施形態 11 に示すように、複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部を設けている。入射光の偏光状態により屈折率が異なり、光が拡散されるので、放射光のコヒーレンシーを低減することができ、従来のように拡散板が破損して眼に対する安全性が懸念されることはない。また、従来のようにシリカ系樹脂により半導体レーザ素子の信頼性が低下するという問題も生じない。

上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状を、レーザチップの光出射点を曲率中心とする曲面にすることにより、後述する実施形態 5 に示すように、S 偏光の取り出し効率を向上させることができる。

上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状を、レーザチップの光出射点を曲率中心とする曲面にし、周辺部の形状をレーザチップとは反対側に曲率中心を有する曲面にすることにより、後述する実施形態 7 に示すように、光



の偏光状態に応じて光の取り出し効率を向上させることができる。

上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状をほぼ平坦にし、周辺部の形状を凸状にすることにより、後述する実施形態 6 や実施形態 2 に示すように、上面が平坦な光取り出し面である場合に光の取り出し効率を向上させることができる。

上記樹脂部は、凸状部分の少なくとも光通過部での法線が、レーザチップから発振される光のピークの光線ベクトルに対してなす角度が  $0^{\circ}$  より大で  $3^{\circ}$  以下である場合に、後述する実施形態 6 に示すように、光の取り出し効率がさらに向上する。

上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状をほぼ平坦にし、周辺部を粗面化することにより、後述する実施形態 8 に示すように、詳細な設計を行わなくても容易に光の取り出し効率を向上させることができる。

他の本発明にあっては、後述する実施形態 1 に示すように、屈折率が異なる材料を混入した領域を一部に有する樹脂部を設けている。この領域に含まれる材料の屈折率の違いによって光を散乱させて放射光のコヒーレンシーを低減することができるので、従来のように拡散板が破損して眼に対する安全性が懸念されることはない。また、屈折率が異なる材料を混入した領域がレーザチップと接触していないので環境温度の変化による応力歪み等が生じず、さらに、この領域にシリカ系樹脂等の透湿性を有する材料を含んでいても信頼性が低下することはない。

或いは、後述する実施形態 1 に示すように、複屈折性を有する樹脂材料からなる領域を一部に有する樹脂部を設けている。入射光の偏光状態により屈折率が異なり、光が拡散されるので、放射光のコヒーレンシーを低減することができ、従来のように拡散板が破損して眼に対する安全性が懸念されることはない。また、従来のようにシリカ系樹脂により半導体レーザ素子の信頼性が低下するという問題も生じない。

他の本発明にあっては、後述する実施形態 10 に示すように、複屈折性を有す

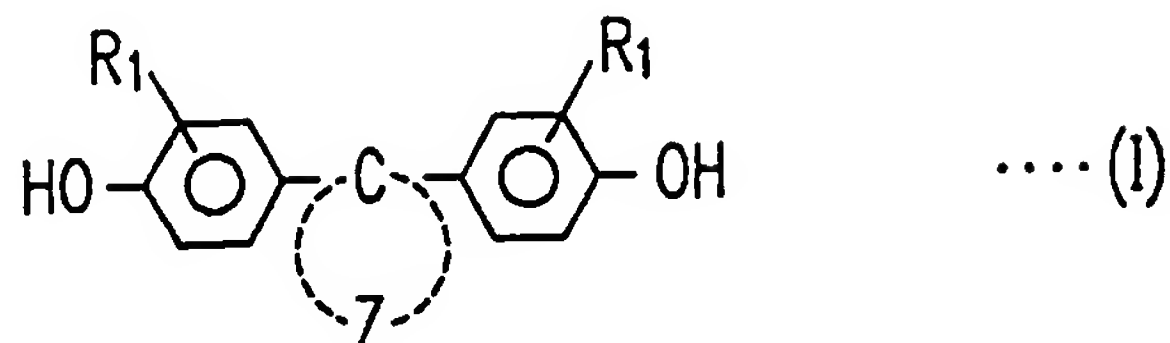
る樹脂材料からなる樹脂部とレーザチップとが一体化されている。入射光の偏光状態により屈折率が異なり、光が拡散されるので、放射光のコヒーレンシーを低減することができ、従来のように拡散板が破損して眼に対する安全性が懸念されることはない。また、複屈折性樹脂材料は、シリカ系樹脂等のように透湿性を有していないので、直接モールドが可能である。

後述する実施形態 9 に示すように、この複屈折性を有する樹脂材料は、半導体レーザ素子の発振波長での固有複屈折値  $\Delta n$  と、該波長での平均屈折率  $n$  とが、 $\Delta n / n^2 > 0.0015$  の関係を満たすものであれば、十分な光拡散機能が得られる。

上記複屈折性を有する樹脂材料としては、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニレンオキサイド、ポリアリルスルホン、ポリアミドイミド、ポリオレフィン、ポリアクリロニトリル、セルロース及びポリエステル等を用いることができる。また、これらの 2 種類以上のポリマーブレンドや、これらの 1 種類もしくは 2 種類以上を含むポリマーブレンドであってもよい。後述する実施形態 9 及び実施形態 10 に示すように、これらの樹脂材料の複屈折性を利用して光を拡散させることができ、さらに、透明性が良好であるので光の取り出し効率を向上することができる。

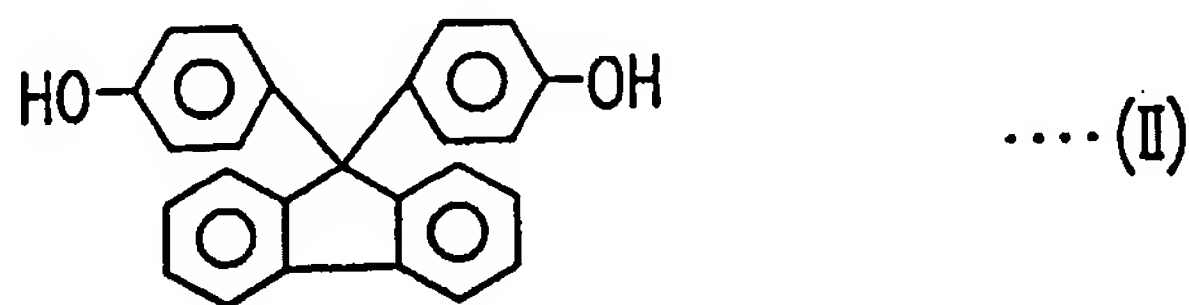
上記複屈折性を有する樹脂材料としては、後述する実施形態 11 及び実施形態 12 に示すように芳香族ポリエステルを用いることもできる。芳香族ポリエステルは、通常、固有の高い複屈折性を有しており、その大部分は熱安定性が比較的高く、さらに、無色で光透過性が良好なものが多い。このように高い複屈折性を有し、透明性に優れた芳香族ポリエステルの代表的なものとしては、ポリアリレートやポリカーボネート等が挙げられる。特に、下記一般式 (I) で示される 2 価のフェノール化合物と芳香族ジカルボン酸とから得られるポリアリレートや、下記一般式 (I) で示される 2 価のフェノール化合物とホスゲンとから得られる

ポリカーボネートが好ましい。



5

例えば、特開平5-11115号公報等に記載されている下記構造式(I I)で示される9,9-ビス(4-ヒドロキシフェニル)-フルオレンを2価のフェノール化合物として用いる芳香族ポリエステルが代表的なものとして挙げられる。



10

さらに、場合によっては3価のフェノール化合物や芳香族トリカルボン酸を少量加えることにより、3次元化(架橋)した芳香族ポリエステルとしてもよく、これによりモールド部の機械的強度が向上する。

15

本発明の半導体レーザ素子は、眼に対する安全性が確保され、しかも信頼性が良好であるので、ワイヤレスの光通信システムや光センサーシステム等、人が直接光源を見るような用途に好適に用いることができる。

## 20 図面の簡単な説明

図1(a)は実施形態1の半導体レーザ素子の断面図であり、図1(b)はその作製に用いられる金型の斜視図であり、図1(c)及び図1(d)は他の実施形態1の半導体レーザ素子を示す断面図である。

図2は実施形態2の半導体レーザ素子の斜視図である。

図3(a)は実施形態3の半導体レーザ素子の断面図であり、図3(b)はその作製に用いられる金型の斜視図である。

25

図 4 は実施形態 4 の半導体レーザ素子の断面図である。

図 5 (a) は実施形態 5 の半導体レーザ素子の断面図であり、図 5 (b) は樹脂部に対する光線の反射率と入射角度の関係を S 偏光及び P 偏光について示す図である。

5 図 6 は実施形態 6 の半導体レーザ素子の断面図である。

図 7 は実施形態 7 の半導体レーザ素子の断面図である。

図 8 は実施形態 8 の半導体レーザ素子の断面図である。

図 9 (a) は実施形態 9 の半導体レーザ素子の斜視図であり、図 9 (b) はその光拡散について説明するための斜視図である。

10 図 10 は従来の半導体レーザ素子の斜視図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

##### (実施形態 1)

15 図 1 (a) は実施形態 1 の半導体レーザ素子を示す断面図である。

この半導体レーザ素子は、レーザチップ 1 が一方のリードフレーム 2 の上部のくぼみ 2 a にダイボンドされ、その上部電極と他方のリードフレーム 3 とがワイヤ 3 a により電氣的に接続されている。このレーザチップ 1 は樹脂によりモールドされ、その樹脂部 4 の先端は粗面化されている。

20 この半導体レーザ素子は、例えば以下のようにして作製することができる。

まず、通常のモールドされた発光ダイオードの作製工程と同様に、レーザチップ 1 をリードフレーム 2 の上部のくぼみ 2 a に銀ペースト等を用いてダイボンドする。そして、レーザチップ 1 の上部電極とリードフレーム 3 とをワイヤボンド工程により電氣的に接続する。

25 その後、モールド用樹脂を充填した金型にチップを浸して樹脂を加熱することにより硬化させる。本実施形態 1 では、樹脂として半導体レーザ素子の発振波長

に対して透明なエポキシ系樹脂を用いた。そして、樹脂硬化時に光を拡散させるような機能を与えるために、金型として図 1 (b) に示すような底面 5 a を荒らしたものをを用いた。この場合、モールドの金型設計の変更のみで余分な工程が不要である。

5       粗面化する領域は、レーザチップ自身の光の広がりにも依存するが、概ね先端部のみを粗面化すればよい。さらに、必要に応じて側面を粗面化することも可能である。

10       このようにして得られる本実施形態 1 の半導体レーザ素子においては、光拡散機能を有する部分が樹脂部 4 の粗面化された部分であり、レーザチップと一体化されているので、従来の拡散板を用いた場合のように拡散板が割れる等の障害が発生せず、素子強度を向上させることができる。また、何らかの原因で樹脂部が剥離されるようなことがあっても、レーザチップ 1 とリードフレーム 3 とを接続するワイヤ 3 a が切断されてレーザ発振が停止するので、眼に対する安全性を確保することができる。さらに、レーザチップ 1 に接する部分は透明樹脂のみであり、従来のようにシリカ系樹脂等の透湿性の高い材料を用いていないので、水分  
15       吸収が少なく、それに起因する素子劣化は生じない。

20       なお、本実施形態 1 において、滑らかな面を有する金型を用いて樹脂を硬化させた後、溶剤で樹脂部の先端部分を溶かしたり、適度な粗さを有する粒子や適度な砂番を有する紙ヤスリ等により研磨したり、粗い面を有する金型をモールド先端部に圧着したりする方法によっても、ほぼ同様の粗面を得ることができる。この場合、モールド硬化後の簡単なプロセス追加により、従来の発光ダイオードの実装プロセスを利用することができる。

25       或いは、滑らかな面を有する金型に、拡散材料として屈折率が異なる材料を混入した樹脂、例えばシリカ系樹脂をエポキシ系樹脂に混合したもの等を入れて一次硬化させた後、さらにエポキシ樹脂等の透明樹脂を入れてレーザチップ 1 を浸して硬化させることにより図 1 (c) に示すような光拡散部を形成してもよい。



または、透明な樹脂によってモールドされた半導体レーザ素子の樹脂部 4 の周囲を拡散性樹脂で覆って硬化させることにより図 1 (d) に示すような光拡散部を形成してもよい。この場合、屈折率が異なる材料を含む領域では屈折率の違いによって光を散乱させることができるので、粗面と同等の拡散機能を有する拡散領域を得ることができる。さらに、屈折率が異なる材料を混入した樹脂の代わりに後述する実施形態 9 ～実施形態 12 に示すような複屈折性を有する樹脂材料を用いて光拡散部を形成することもできる。この場合、複屈折性を有する樹脂材料からなる領域では、入射光の偏光状態によって屈折率が異なり、光を散乱させることができる。これらの方法により得られる半導体レーザ素子は、請求項 4 に記載の発明に含まれる。

(実施形態 2)

図 2 は実施形態 2 の半導体レーザ素子を示す斜視図である。

この半導体レーザ素子は、通常の半導体レーザパッケージと同様に、レーザチップ 1 がヒートシンク 6 に実装され、その上面とリードフレーム 3 とがワイヤ 3a により電氣的に接続されている。ヒートシンク 6 は、受光素子 7 を設けたステム 8 上に一体化されている。さらに、光拡散機能を有するキャップガラス (拡散板) 5 を接着したキャップ 9 によってレーザチップ 1 が密閉され、拡散板 5 は樹脂部 4 によりキャップ 9 と一体化されている。

本実施形態 2 において、キャップの作製は例えば以下のようにして行うことができる。

拡散板 5 を接着したキャップ 9 の内側に樹脂を滴下して熱硬化させる。このときの樹脂材料の量は、キャップ 9 でレーザチップ 1 を封止したときにレーザチップ 1 に樹脂部 4 が接触しない程度であればよく、厳密な制御は不要である。樹脂材料としては例えばエポキシ樹脂等の透明樹脂を用いることができ、拡散板 5 としては従来と同様のものを用いることができる。このようにして得られたキャップ 9 を、ステム 8 上に通電加熱により溶接する。

このようにして得られる本実施形態 2 の半導体レーザ素子においては、樹脂部 4 がキャップ 9 の内側の拡散板 5 を覆うように埋め込まれているので、従来のように通常の落下等で拡散板が破損して欠落することはなく、眼に対する安全性を確保することができる。

- 5       ところで、上記実施形態 1 に示したような半導体レーザ素子では、レーザ発振中のレーザチップ 1 が発熱して環境温度よりも数℃～数 10℃高い温度となる。このとき、樹脂部 4 とレーザチップ 1 との界面に熱膨張係数の違いによる応力歪みが発生し、使用条件によってはレーザチップ 1 の劣化が見られていた。これに対して、本実施形態 2 の半導体レーザ素子では、樹脂部 4 とレーザチップ 1 とが  
10       接触していないので、レーザチップ 1 と樹脂部 4 との間の温度変化による応力歪みが発生せず、信頼性をさらに向上させることができる。

- なお、本実施形態 2 において、拡散板 5 の代わりに光拡散機能を有しない通常のキャップガラスを用い、キャップ 9 の中に光拡散性の樹脂（例えば拡散材料として屈折率の異なる材料を混入した樹脂や、複屈折性を有する樹脂材料等）を滴  
15       下して硬化させても、ほぼ同等の効果を得ることができる。この場合にも、樹脂部をレーザチップと接触させないようにすれば、シリカ系樹脂をエポキシ系樹脂に混合した材料を用いても信頼性が低下することはない。この方法により得られる半導体レーザ素子は、請求項 3 に記載の発明に含まれる。

#### （実施形態 3）

- 20       図 3（a）は実施形態 3 の半導体レーザ素子を示す斜視図である。

- この半導体レーザ素子は、レーザチップ 1 が IC 基板 14 上に実装され、その上面とリードフレーム 3 とがワイヤ 3a により電氣的に接続されている。このレーザチップ 1 は片面高反射率を有し、光は片端面からのみ取り出される。レーザチップ 1 の光出射側には 45° ミラー 15 が配置され、光が上面に放射されるよう  
25       になっている。その上にレーザチップ 1 及び 45° ミラー 15 を覆うように樹脂からなるレンズ（樹脂部） 4 が配置されている。さらに、IC 基板 14 上には

I Cチップ12が実装されている。

5 本実施形態3において、樹脂からなるレンズ4は、例えば図3(b)に示すような金型10及び11を用いて作製することができる。樹脂材料4aとしては、レーザ光の眼に対する安全性から、光拡散材料として屈折率が異なる材料を混入した樹脂、例えば、シリカ系樹脂をエポキシ系樹脂に混入したもの等を用いることができる。さらに、駆動回路等を集積したI Cチップ12を実装した後、樹脂13によりモールドしてレンズ4を固定してもよい。この樹脂13としては、透湿性の低いものを用いるのが好ましい。さらに、屈折率が異なる材料を混入した樹脂の代わりに後述する実施形態9～実施形態12に示すような複屈折性を有する樹脂材料を用いてもよい。

10 このようにして得られる本実施形態3の半導体レーザ素子においては、レーザチップ1から出射した光が樹脂部4により拡散されると共に、そのレンズ効果により放射角度パターンが制御される。よって、より広い角度範囲にわたって光を空間に放射させることができる。眼に対する安全性は、瞳に入射される光パワーまたは光パワー密度によって規定されるので、レンズ効果によって放射角度分布を制御できるということは非常に有効である。また、樹脂部4とレーザチップ1とが接触していないので、レーザチップ1と樹脂部4との間の温度変化による応力歪みが発生せず、信頼性を向上させることができる。また、シリカ系樹脂等の透湿性を有する材料を用いても、信頼性が低下することはない。さらに、45°ミラー15が粗面を有する拡散機能を持つようなものであれば、眼に対する安全性をより一層向上させると共に、樹脂部4に混入させる拡散材料を減らしてレンズの透明性を上昇させることも可能である。

(実施形態4)

図4は本実施形態4の半導体レーザ素子を示す断面図である。

25 この半導体レーザ素子は、従来から知られている半導体レーザ素子に樹脂をモールドして光拡散機能を与えたものである。レーザチップ1はキャン型パッケー

ジに封止されており、キャップ9及びキャップガラス5b（光拡散機能を有しない通常のもの）を覆うように樹脂からなるレンズ（樹脂部）4が形成されている。

本実施形態4において、樹脂からなるレンズ4は、例えば上記図3（b）に示したような金型10を用いて作製することができる。樹脂材料としては、レーザ  
5 光の眼に対する安全性から、光拡散材料として屈折率が異なる材料を混入した樹脂、例えば、シリカ系樹脂をエポキシ系樹脂に混入したもの等を用いることができる。さらに、屈折率が異なる材料を混入した樹脂の代わりに後述する実施形態9～実施形態12に示すような複屈折性を有する樹脂材料を用いてもよい。

このように、通常の半導体レーザ素子の作製工程とモールド工程とによって、  
10 眼に対する安全性を確保できる小型な半導体レーザパッケージが得られる。

本実施形態4の半導体レーザ素子においては、レーザチップ1から出射した光が樹脂部4により拡散されると共に、そのレンズ効果により放射角度パターンが容易に制御でき、光ファイバーへの接続等が行い易い。樹脂部4とレーザチップ1とが接触していないので、レーザチップ1と樹脂部4との間の温度変化による  
15 応力歪みが発生せず、信頼性を向上させることができる。また、シリカ系樹脂等の透湿性を有する材料を用いても信頼性が低下することはない。

#### （実施形態5）

図5は本実施形態5の半導体レーザ素子を示す断面図である。

この半導体レーザ素子は、実施形態2の半導体レーザ素子における樹脂部4の  
20 面形状を変更したものである。なお、図5及び後述の図6～図8では、リードフレームやワイヤの図示は省略してある。

具体的には、樹脂部4のレーザチップ1と相対する面の中央付近の形状を、レーザチップ1の光出射点Oを曲率中心とする曲面にした。そして、実質的にレーザ光が照射されない領域は、任意の形状とした。

25 以下の説明においては、簡単のために、実施形態2の樹脂面に相当する仮想入射面を用いて説明する。

この半導体レーザ素子において、レーザチップ1から出射した光はその電界方向が出射端面に沿っているので、レーザチップ1からほぼ中心軸に沿って出射される光が仮想入射面に入射する際には、ほぼS偏光（電界の向きが入射面に平行）であると考えられる。

- 5 図5（b）は、樹脂部4に対する光線の反射率と入射角度の関係をS偏光及びP偏光（電界の向きが入射面に垂直）について示したものである。この図から、S偏光については垂直入射時に最も反射率が低くなることがわかる。

従って、樹脂部4の曲率中心をレーザチップ1の光出射点Oとすることで、樹脂部4に入射されるS偏光の反射率を低くして、光の取り出し効率を高くすることができ、特にビーム広がり角度が小さいレーザチップを用いる場合には効果的である。本実施形態では光の取り出し効率を1%～2%程度向上させることができた。

なお、本実施形態5では、実施形態2の半導体レーザ素子の樹脂部の面形状を変更したが、実施形態3の半導体レーザ素子の樹脂部の面形状を変更することも可能であり、樹脂部の内壁面形状を設計変更するという問題に他ならない。

（実施形態6）

図6は本実施形態6の半導体レーザ素子を示す断面図である。

この半導体レーザ素子は、実施形態5の半導体レーザ素子における樹脂部4の面形状をさらに変更したものである。

20 具体的には、樹脂部4のレーザチップ1と相対する面の中央付近の形状をほぼ平坦にし、周辺部の形状を凸状にした。

その理由は、以下の通りである。実施形態5では、樹脂部4に入射する光線が全て垂直入射となり、樹脂部4中でその方向が変わらない。この状態では、拡散板5と空気の界面で光が反射され、光取り出し効率が頭打ちになる。そこで、本発明者らが幾通りかの樹脂形状を検討した結果、上面の拡散板5が平坦である場合に、図6に示したような樹脂形状が最も光の取り出し効率を向上できることが



確認された。なお、実施形態 2 で示したように通常のキャップガラスに光拡散性樹脂を一体化した場合でも、光取り出し面（キャップガラス上面）が平坦であるので、レーザチップに相対する樹脂面の形状を本実施形態のようにすることで、光取り出し効率が向上する。

- 5        上述したように、ビームの広がり角が 10 度～30 度程度のレーザチップを用いた場合には、樹脂界面に入射する光はほぼ S 偏光と見なしてよい。本実施形態では、樹脂部 4 のレーザチップ 1 と相対する面の中央付近の形状をほぼ平坦にし、周辺部の形状を凸状にすることにより、樹脂部 4 と空気との界面での透過率の低下を拡散板 5 と空気との界面での透過率の向上で補って、全体の透過率を向上させることができる。本実施形態では光の取り出し効率を約 3 % 向上させることができた。

- 10        本実施形態において、樹脂部 4 の周辺部（凸部）の法線とレーザチップ 1 からの発振光のピーク光線ベクトルとのなす角度（傾斜角度） $\theta$  が 3 度以下であるのが好ましく、 $0^\circ < \theta \leq 3^\circ$  で光の取り出し効率向上効果が確認された。

15        なお、本実施形態 6 では、樹脂部 4 において実質的にレーザ光が照射されない領域は任意の形状とすることができ、レーザ光が照射される領域だけについて形状を設計してもよい。

（実施形態 7）

- 20        図 7 は本実施形態 7 の半導体レーザ素子を示す断面図である。

この半導体レーザ素子は、実施形態 5 の半導体レーザ素子における樹脂部 4 の面形状をさらに変更したものである。

- 25        具体的には、樹脂部 4 のレーザチップ 1 と相対する面の中央付近の形状を、レーザチップ 1 の光出射点 O を曲率中心とする曲面にし、周辺部の形状をレーザチップとは反対側に曲率中心を有する曲面 O' にした。

図 5（b）に示したように、光の反射率は S 偏光よりも P 偏光の方が低くなる

ので、P 偏光を有効に利用することにより全体の反射率を下げるができる。

実施形態 5 で説明したように、中心軸付近の光線は仮想入射面に対してほぼ S 偏光と見なすことができる。一方、中心軸から 4 5 度程度ずれた光線は、S 偏光と P 偏光とがほぼ 1 対 1 で混在しており、角度が増すにつれて P 偏光の割合が増加する。

このため、樹脂部 4 の中心軸から 4 5 度程度までは S 偏光の反射率を下げるために曲率中心をレーザチップ 1 の光出射点 O とし、4 5 度付近から周辺部は P 偏光の反射率を下げるためにレーザチップとは反対側に曲率中心を有する曲面 O' とする。これにより、樹脂部 4 界面での光の反射率を偏光状態に応じて低減して光の取り出し効率を向上することができる。本実施形態では、水平、垂直のビーム広がり角度が 3 0 度のレーザチップを用いて、光の取り出し効率を 2 % 向上させることができた。

#### (実施形態 8)

図 8 は本実施形態 8 の半導体レーザ素子を示す断面図である。

この半導体レーザ素子は、実施形態 2 の半導体レーザ素子における樹脂部 4 の面形状を変更したものである。

上記実施形態 5 ～実施形態 7 に示したように、中心軸付近ではほぼ S 偏光であり、この S 偏光は垂直入射で透過率が最大になるが、中心軸から離れた領域では P 偏光が増加し、この P 偏光は入射角度約 5 7 度付近で透過率が最大になる。

そこで、図 8 に示すように、樹脂部 4 のレーザチップ 1 と相対する面の中央付近の形状をほぼ平坦にし、レーザ光出射点から見て中心軸から 4 5 度程度離れた樹脂部 4 の周辺部のみを粗面化することにより、詳細な設計を必要とせずに最も簡単に P 偏光の取り出し効率を向上させて、光の取り出し効率を向上させることができる。

ところで、上記実施形態 2 において、拡散板 5 の代わりに光拡散機能を有しない通常のキャップガラスを用い、キャップ 9 の中に光拡散性の樹脂を滴下して硬

化させることもできると述べたが、光拡散材料は光の吸収が通常 20 % 程度と大きい  
5 ため、素子の発熱や光の取り出し効率の低下につながっていた。

そこで、光拡散性の樹脂を用いる代わりに通常の透明樹脂を用い、本実施形態  
8 のような樹脂部 4 の粗面化を、レーザチップ 1 と相対する樹脂面の全面に施す  
10 ことにより、その粗面化された部分で光拡散が生じ、拡散板 5 を必要としない半  
導体レーザ素子が得られる。この場合、中央部付近では反射が起こって透過率が  
低下するが、その影響は 10 % 程度まで小さくすることができる。この方法によ  
り得られる半導体レーザ素子は、請求項 1 に記載の発明に含まれる。

(実施形態 9)

10 図 9 (a) は本実施形態 9 の半導体レーザ素子を示す斜視図である。

この半導体レーザ素子は、複屈折性樹脂材料を用いて光拡散機能を実現したも  
のである。

この半導体レーザ素子は、通常の半導体レーザパッケージと同様に、レーザチ  
ップ 1 がヒートシンク 6 に実装され、その上面とリードフレーム 3 とがワイヤ 3  
15 a により電氣的に接続されている。ヒートシンク 6 は、受光素子 7 を設けたステ  
ム 8 上に一体化されている。さらに、レーザチップ 1 はキャップガラス 5 b (光  
拡散機能を有しない通常のもの) を接着したキャップ 9 によって密閉され、キャ  
ップガラス 5 b は、複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部 4 c によりキャッ  
プ 9 と一体化されている。

20 本半導体レーザ素子では、レーザチップ 1 から出射した光が通常の拡散機能を  
持たないキャップガラス 5 b 上に形成された複屈折性を有する樹脂部 4 c により  
拡散される。

本実施形態 9 の半導体レーザ素子は例えば以下のようにして作製することがで  
きる。

25 複屈折性樹脂材料としては、透明性の高いフッ素化ポリイミド (または単なる  
ポリイミド) を用いた。この材料は、応用物理学会誌 1999 年 1 月号 P. 8 に記

載されているように、2, 2'-ビス-4, 4'-ジアミノビフェニル (TFDB) と4, 4'-ジアミノジフェニルエーテル (ODA) とを2, 2'-ビスヘキサフルオロプロパン二無水物 (FDA) と重合させて加熱することにより合成することができる。例えば、キャップガラス5b上でフッ素化ポリイミドを重合させると、生成する共重合体分子はキャップガラス5b面内に沿って配向するため、キャップガラス5bに入射する光の偏光状態によって屈折率が異なり、光の拡散を実現させることができる。このときの屈折率差は0.008程度であり、光拡散のために十分な量である。このようにして得られた樹脂付きキャップガラス4c、5bをキャップ9に取り付けてレーザチップ1と覆うように配置する。

以下に、この半導体レーザ素子の光拡散について説明する。図9(b)では、レーザチップ1の光出射点を直交座標系の原点に配置し、その光軸方向をz方向、レーザチップ1に平行な方向をx方向として示している。通常のレーザ光はレーザチップの活性層に平行な方向(図示していないが、レーザチップと平行な方向)に電界Eを有するので、この光がz軸に垂直な平面を有する樹脂部4cに入射した場合、光線の方向ベクトルのx成分が0でない光線は全て、樹脂界面に垂直な電界成分と水平な電界成分とを有する。これらの光線は樹脂部4cの中で屈折率が異なり、光が拡散される。図9(b)中P波は界面に電界が平行に入射する成分で、S波は垂直に入射する成分である。

本発明者らは、実験及び計算機シミュレーションを行った結果、樹脂部4cに垂直入射した際のS波及びP波の屈折率 $n_S$ 及び $n_P$ を用いて、平均屈折率 $n = (n_S + n_P) / 2$ と、S波及びP波の屈折率差(固有複屈折値) $\Delta n = |n_S - n_P|$ とから、 $\Delta n / n^2 > 0.0015$ であれば十分な光拡散機能を得られることを確認している。例えば、フッ素化ポリイミドの場合には、6FDA-TFDBの含有率が0%~100%の範囲でほぼ $n = 1.6 \sim 1.5$ 、 $\Delta n = 0.008$ であり、上記条件を満たしている。

このようにして得られる本実施形態8の半導体レーザ素子においては、複屈折

性を有する樹脂材料の光透過性が良好で高い光取り出し効率で光拡散を実現することができる。従って、シリカ系樹脂等の透湿性を有する材料を用いた場合のように、光透過率が悪くなり、光取り出し効率が低下するということはない。

5       なお、複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部 4 c は、本実施形態のように  
平行平板の形状で形成する必要はなく、例えば実施形態 3 や実施形態 4 に示した  
ような光拡散性の樹脂部 4 のような形状としてもよい。例えば、実施形態 3 の樹  
脂部 4 をフッ素化ポリイミドを用いて形成すると、キャップガラス 5 b 上にガラ  
ス面に沿うように分子が配向されるが、ガラス面から離れるに従って配向の規則  
性が無くなり、ついには複屈折性が無くなる。このように、配向が揃うのは樹脂  
10       部の一部分であり、この部分で光が拡散される。さらに、実施形態 4 の樹脂部 4  
に複屈折性を有する樹脂材料を用いた場合には、樹脂部が比較的薄いため、樹脂  
内で分子配向が揃い、ほぼ全領域で複屈折性を有する樹脂部が得られる。

#### (実施形態 10)

15       本実施形態では、複屈折性を有する樹脂材料をレーザチップに直接モールドし  
た例について説明する。

上記実施形態 1 では、例えば図 1 (c) や図 1 (d) に示すように、樹脂の一部  
を拡散性を有する樹脂にするために複数のモールド工程を必要としていた。し  
かし、ポリイミドに代表される複屈折性樹脂材料は、シリカ系樹脂材料と異なり、  
透湿性が低いため、レーザチップに直接モールドすることが可能である。

20       また、ポリイミド以外でも、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテ  
ルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニレンオキサイド、ポリア  
リルスルホン、ポリアミドイミド、ポリオレフィン、ポリアクリロニトリル、セ  
ルロース及びポリエステル等を用いることができる。また、これらの 2 種類以上  
のポリマーブレンドや、これらの 1 種類もしくは 2 種類以上を含むポリマーブレ  
25       ンドであってもよい。特に、半導体レーザ素子の発振波長での固有複屈折値  $\Delta n$   
と、その波長での平均屈折率  $n$  とが、 $\Delta n / n^2 > 0.0015$  の関係を満たす



ものであればより効果的である。

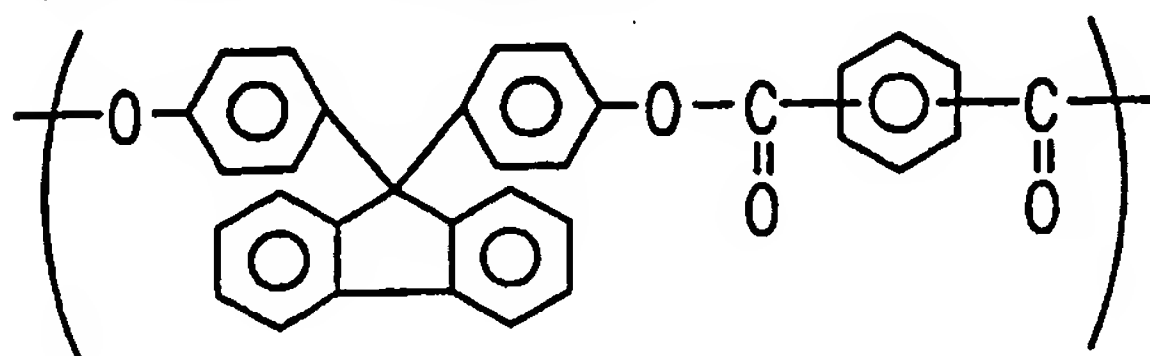
例えば、ポリカーボネートの場合には、ホスゲンとビスフェノールAの縮合により得られたポリカーボネートペレットを加熱熔融して金型に流し込み、常温まで冷却すれば樹脂部を作製することができる。さらに、光拡散機能の一部を複屈折性樹脂で行うことも可能である。

(実施形態11)

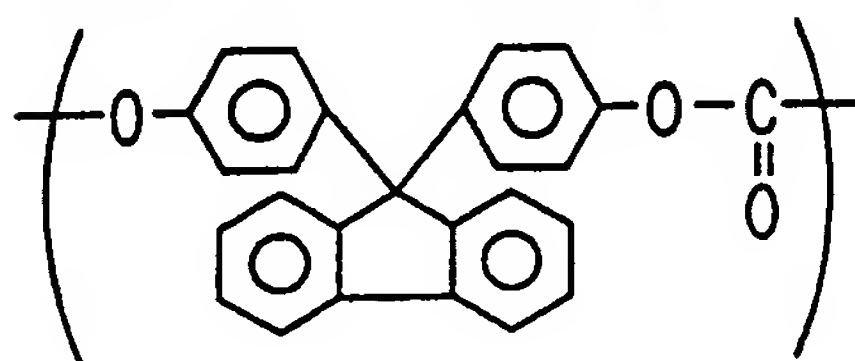
本実施形態では、複屈折性を有する樹脂材料を用いて図4に示した半導体レーザー素子の樹脂部4を形成した例について説明する。

下記構造式で示すポリアリレート樹脂材料及びポリカーボネート樹脂材料を、図3に示した金型10を用いて成型した。

ポリアリレート樹脂材料



ポリカーボネート樹脂材料



これらの芳香族ポリエステル樹脂材料を用いることにより、通常の半導体レーザー素子の作製工程とモールド工程によって眼に対する安全性を確保することができる、小型な半導体レーザーパッケージが得られる。

このようにして得られた半導体レーザー素子においては、樹脂自体の有する高い

複屈折性に基づいて光拡散機能を実現することができ、複雑な加工等を必要とせずに眼に対する安全性を有する半導体レーザ素子を作製することができる。さらに、これらの樹脂材料は両方ともT<sub>g</sub>が160℃以上で耐熱性に優れ、耐湿性にも優れている。

5 (実施形態12)

実施形態1におけるエポキシ系樹脂の代わりに実施形態11に示したポリアリレート樹脂材料を用いた以外はほぼ実施形態1と同様にして半導体レーザ素子を作製した。なお、本実施形態においては、硬化に関する処理は何等行わなかった。

10 このようにして得られた半導体レーザ素子は、光拡散機能を有しており、眼に対する安全性を確保することができた。さらに、素子特性の劣化も生じず、熱特性にも優れていた。

(実施形態13)

本実施形態では、光通信システムや光センサーシステムについて説明する。

15 本発明の半導体レーザ素子は、眼に対する安全性が確保されているので、ワイヤレスの光通信システムや光センサーシステム等、人間が直接見ることができる場所での利用に好適である。

ところで、国際的な安全規格(IEC60825-1)に規定されるレーザ放射パワーの上限値は、光源の大きさと放射角度等により決定される。例えば、一般的な放射角度パターンであるランバート分布で指向半値角15度の場合、光源  
20 の大きさ10mm、波長780nmとすると、約160mW程度までの光出力が可能となる。

このような高出力のレーザ光を空間に放出するためには、眼に対する安全性を確保しながら、しかも、外的衝撃等によっても光拡散機能の低下等が生じない、上記実施形態1～12に示したような半導体レーザ素子を用いることが必要である。  
25 このような半導体レーザ素子を用いることにより、安全性はもとより長期の信頼性が得られることは既に述べた通りである。例えば、無線通信や、医療用、

工業用センサー等、幅広い分野に使用することが可能である。

#### 産業上の利用可能性

5 以上詳述したように、本発明による場合には、レーザチップにモールドされた樹脂やキャップガラスをキャップに一体化させるための樹脂等を粗面化して光拡散機能を与えることにより、従来のように拡散板が割れる等の障害が発生せず、  
10 眼に対する安全性が確保される。また、シリカ樹脂等の拡散材料を用いていないので、半導体レーザ素子の信頼性を向上させることができる。さらに、モールド樹脂を粗面化した場合には、樹脂とレーザチップとが接合しているため、何らかの理由で樹脂が剥離することがあってもレーザチップのワイヤが切断されて眼に対する安全性が確保される。

樹脂材料でモールドした後で硬化時に金型等を用いて粗面化することにより、モールドの金型の設計変更のみで余分な工程を必要とせず、半導体レーザ素子の低価格化を図ることができる。或いは、エッチングや研磨、粗面を有する金型を  
15 圧着して粗面化させることにより、モールド硬化後の簡単なプロセスの追加により従来の発光ダイオードの実装プロセスを利用して半導体レーザ素子を作製することができる。

さらに、樹脂部に複屈折性を有する樹脂材料を用いてその表面を粗面化することにより、樹脂材料自体の有する光拡散性と表面の粗面化による光拡散性の両拡散機能が結合されて、より効果的に光を拡散させることができ、さらに安定性に  
20 優れた半導体レーザ素子が得られる。この複屈折性を有する樹脂材料はレーザチップに直接モールドすることができるので、生産性の向上を図ることができる。

他の本発明にあつては、樹脂部と拡散板とが一体化しているので拡散板が破損され難く、眼に対する安全性を確保することができる。さらに、レーザチップと  
25 樹脂部とを接触させないようにすれば、環境温度の変化等によるレーザチップへの樹脂部からの応力歪みを防いで半導体レーザ素子の信頼性を向上させることが

できる。

他の本発明にあっては、樹脂部に含まれる材料の屈折率の違いによって光を拡散させることにより、従来のように拡散板が割れる等の障害が発生せず、眼に対する安全性が確保される。また、シリカ樹脂等の透湿性を有する拡散材料を用いてもレーザチップと樹脂が接触していないので信頼性が低下することはなく、環境温度の変化等によるレーザチップへの樹脂部からの応力歪みも防ぐことができる。さらに、樹脂部をレンズ形状にすることにより、そのレンズ効果によって放射角度パターンが制御され、より広い角度範囲にわたって光を空間に放射させることができる。眼に対する安全性は、瞳に入射される光パワーまたは光パワー密度によって規定されるので、レンズ効果によって放射角度分布を制御できるということは非常に有効である。この半導体レーザ素子は、通常の半導体レーザ素子の作製工程とモールド工程とによっても作製可能であり、眼に対する安全性を確保できる小型な半導体レーザパッケージを実現できる。さらに、レンズ効果により放射角度パターンが容易に制御できるので、光ファイバーへの接続等が行い易い。

或いは、複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部を設けることにより、入射光の偏光状態により屈折率が異ならせて光を拡散させて、放射光のコヒーレンシーを低減して眼に対する安全性を確保することができる。また、従来のようにシリカ系樹脂により半導体レーザ素子の信頼性が低下するという問題も生じない。レーザチップに直接モールドしない場合でも樹脂材料の光透過率が高いため、光取り出し効率を高くして光強度／消費電力比を改善して低消費電力化及び素子の信頼性向上を図ることができる。

上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状を、レーザチップの光出射点を曲率中心とする曲面にすることにより、S偏光の取り出し効率を向上させることができる。特に、ビーム広がり角の小さいレーザチップを用いる場合には効果的である。

上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状を、レーザチップの光出射点を曲率中心とする曲面にし、周辺部の形状をレーザチップとは反対側に曲率中心を有する曲面にすることにより、偏光状態に応じた効率的な光の取り出しを行うことができる。

- 5      上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状をほぼ平坦にし、周辺部の形状を凸状にすることにより、拡散板からの光の取り出し効率を向上させることができる。

- 10      上記樹脂部の凸状部分の少なくとも光通過部での法線を、レーザチップから発振される光のピークの光線ベクトルに対してなす角度が $0^{\circ}$ より大で $3^{\circ}$ 以下であるようにすれば、光の取り出し効率がさらに向上する。

上記樹脂部のレーザチップと相対する面の中央付近の形状をほぼ平坦にし、周辺部を粗面化することにより、詳細な設計を行わなくても光の取り出し効率を容易に向上させることができる。

- 15      他の本発明にあっては、樹脂部の一部に屈折率が異なる材料を混入した領域を設けることにより、その領域に光拡散機能を与えることができ、従来のように拡散板が割れる等の障害が発生せず、眼に対する安全性が確保される。また、シリカ樹脂等の拡散材料を用いてもその領域がレーザチップと接触していないので、信頼性を向上させることができる。この領域は、屈折率が異なる材料を混入した樹脂を金型に入れて一次硬化させ、その後で屈折率が異なる材料を混入していない樹脂を金型に入れて硬化させることにより、容易に作製することができる。
- 20

- 或いは、複屈折性を有する樹脂材料からなる領域を一部に有する樹脂部を設けることにより入射光の偏光状態により屈折率が異ならせて光を拡散させて、放射光のコヒーレンシーを低減して眼に対する安全性を確保することができる。また、従来のようにシリカ系樹脂により半導体レーザ素子の信頼性が低下するという問題も生じない。レーザチップに直接モールドしない場合でも樹脂材料の光透過率
- 25
- が高いため、光取り出し効率を高くして光強度／消費電力比を改善して低消費電



力化及び素子の信頼性向上を図ることができる。

5      他の本発明にあつては、複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部とレーザチップとを一体化することにより、入射光の偏光状態により屈折率を異ならせて光を拡散させ、放射光のコヒーレンシーを低減することができる。この複屈折性樹脂材料は、シリカ系樹脂等のように透湿性を有していないので、直接モールドが可能であり、生産性の向上を図ることができる。

上記複屈折性を有する樹脂材料として特定の芳香族ポリエステルを用いることにより、耐熱性や耐湿性にも優れ、光取り出し効率が良好で眼に対する安全性も良好な半導体レーザ素子が得られる。

10      本発明の半導体レーザ素子を用いることにより、眼に対する安全性が確保され、しかも信頼性に優れた光通信システムや光センサーシステムを実現することができ、人間が直接光源を見るような用途において非常に有効に利用することができる。

## 請求の範囲

1. 光放射側表面の全部もしくは一部が粗面化され、またはレーザチップと相  
対する面の全部もしくは一部が粗面化された樹脂部を有し、該樹脂部の粗面化さ  
れた部分によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減される半導体レ  
ーザ素子。
2. レーザチップを収納している容器と光拡散機能を有する封止部材とを一体  
化させる樹脂部を有し、該封止部材によって光が拡散されて放射光のコヒーレン  
シーが低減される半導体レーザ素子。
3. 屈折率が異なる材料を混入した樹脂部、または複屈折性を有する樹脂材料  
からなる樹脂部がレーザチップと接触しないように設けられ、該樹脂部によって  
光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減される半導体レーザ素子。
4. 屈折率が異なる材料を混入した領域、または複屈折性を有する樹脂材料か  
らなる領域を一部に有する樹脂部が、該領域がレーザチップと接触しないように  
設けられ、該領域によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減される  
半導体レーザ素子。
5. 前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の中央付近の形状が、該レ  
ーザチップの光出射点を曲率中心とする曲面である請求の範囲 2 から請求の範囲  
4 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
6. 前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の周辺部の形状が、該レー  
ザチップとは反対側に曲率中心を有する曲面である請求の範囲 5 記載の半導体レ

ーザ素子。

7. 前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の中央付近の形状がほぼ平坦であり、周辺部の形状が凸状である請求の範囲 2 から請求の範囲 4 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

8. 前記樹脂部は、前記凸状部分の少なくとも光通過部での法線が、該レーザチップから発振される光のピークの光線ベクトルに対してなす角度が  $0^\circ$  より大で  $3^\circ$  以下である請求の範囲 7 記載の半導体レーザ素子。

9. 前記樹脂部は、前記レーザチップと相対する面の中央付近の形状がほぼ平坦であり、周辺部が粗面化されている請求の範囲 2 から請求の範囲 4 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

10. 前記樹脂部は、複屈折性を有する樹脂材料からなる請求の範囲 1 記載の半導体レーザ素子。

11. 複屈折性を有する樹脂材料からなる樹脂部とレーザチップとが一体化され、該樹脂部によって光が拡散されて放射光のコヒーレンシーが低減される半導体レーザ素子。

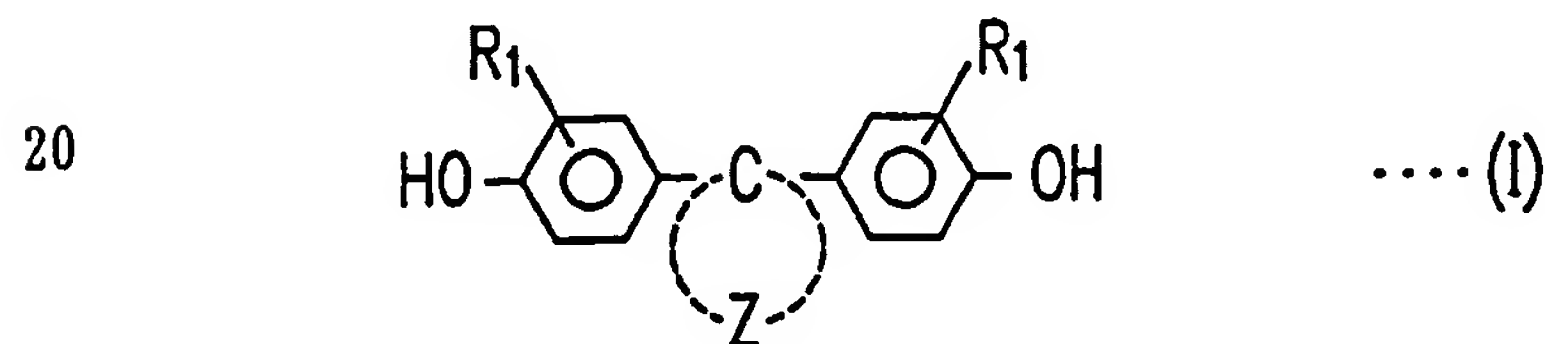
12. 前記複屈折性を有する樹脂材料は、半導体レーザ素子の発振波長での固有複屈折値  $\Delta n$  と、該波長での平均屈折率  $n$  とが、 $\Delta n / n^2 > 0.0015$  の関係を満たす請求の範囲 3、4、10 および 11 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

1 3. 前記複屈折性を有する樹脂材料は、ポリイミド、ポリカーボネート、ポ  
リアリレート、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェ  
ニレンオキサイド、ポリアリルスルホン、ポリアミドイミド、ポリオレフィン、  
5 ポリアクリロニトリル、セルロース及びポリエステルの中の1種類であるか、  
これらの2種類以上のポリマーブレンドであるか、またはこれらの1種類もしく  
は2種類以上を含むポリマーブレンドである請求の範囲3、4、10、11およ  
び12のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

1 4. 前記複屈折性を有する樹脂材料は、芳香族ポリエステルである請求の範  
10 囲3から請求の範囲12のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

1 5. 前記芳香族ポリエステルは、ポリアリレートまたはポリカーボネートで  
ある請求の範囲14記載の半導体レーザ素子。

1 6. 前記芳香族ポリエステルは、下記一般式(I)で示される2価のフェノ  
ール化合物と芳香族ジカルボン酸とから得られるポリアリレート、または該フェ  
ノール化合物とホスゲンとから得られるポリカーボネートである請求の範囲15  
記載の半導体レーザ素子。



1 7. 光放射側表面の全部もしくは一部が粗面化され、またはレーザチップと  
相対する面の全部もしくは一部が粗面化された樹脂部を有する半導体レーザ素子  
25 を製造する方法であって、

レーザチップまたは該レーザチップを収納している容器を樹脂材料でモールド

する工程と、

該樹脂材料を硬化させると共に該当する部分を粗面化させる工程と  
を含む半導体レーザー素子の製造方法。

- 5      18. 光放射側表面の全部もしくは一部が粗面化され、またはレーザーチップと  
相対する面の全部もしくは一部が粗面化された樹脂部を有する半導体レーザー素子  
を製造する方法であって、

レーザーチップまたは該レーザーチップを収納している容器を樹脂材料でモールド  
し、該樹脂材料を硬化させる工程と、

- 10      硬化された樹脂の該当する部分を粗面化させる工程と  
を含む半導体レーザー素子の製造方法。

- 15      19. 前記硬化された樹脂の該当する部分を粗面化させる工程を、該当する部  
分をエッチングするか、研磨するか、または粗面を有する金型を圧着することによ  
り行う請求の範囲18記載の半導体レーザー素子の製造方法。

20. 請求の範囲1から請求の範囲16のいずれかに記載の半導体レーザー素子  
を備えた光通信システム。

- 20      21. 請求の範囲1から請求の範囲16のいずれかに記載の半導体レーザー素子  
を備えた光センサーシステム。



図 1

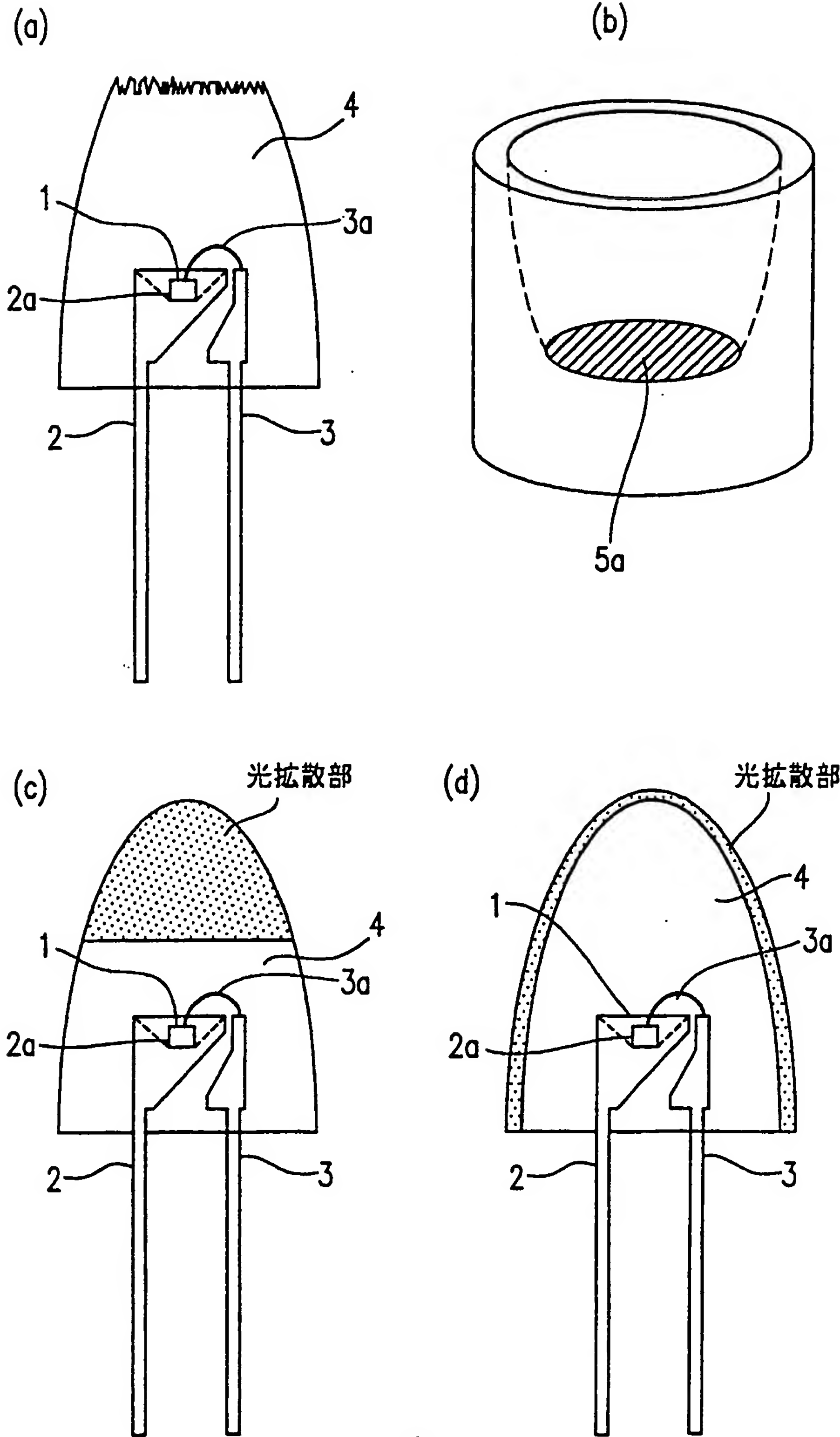


図 2

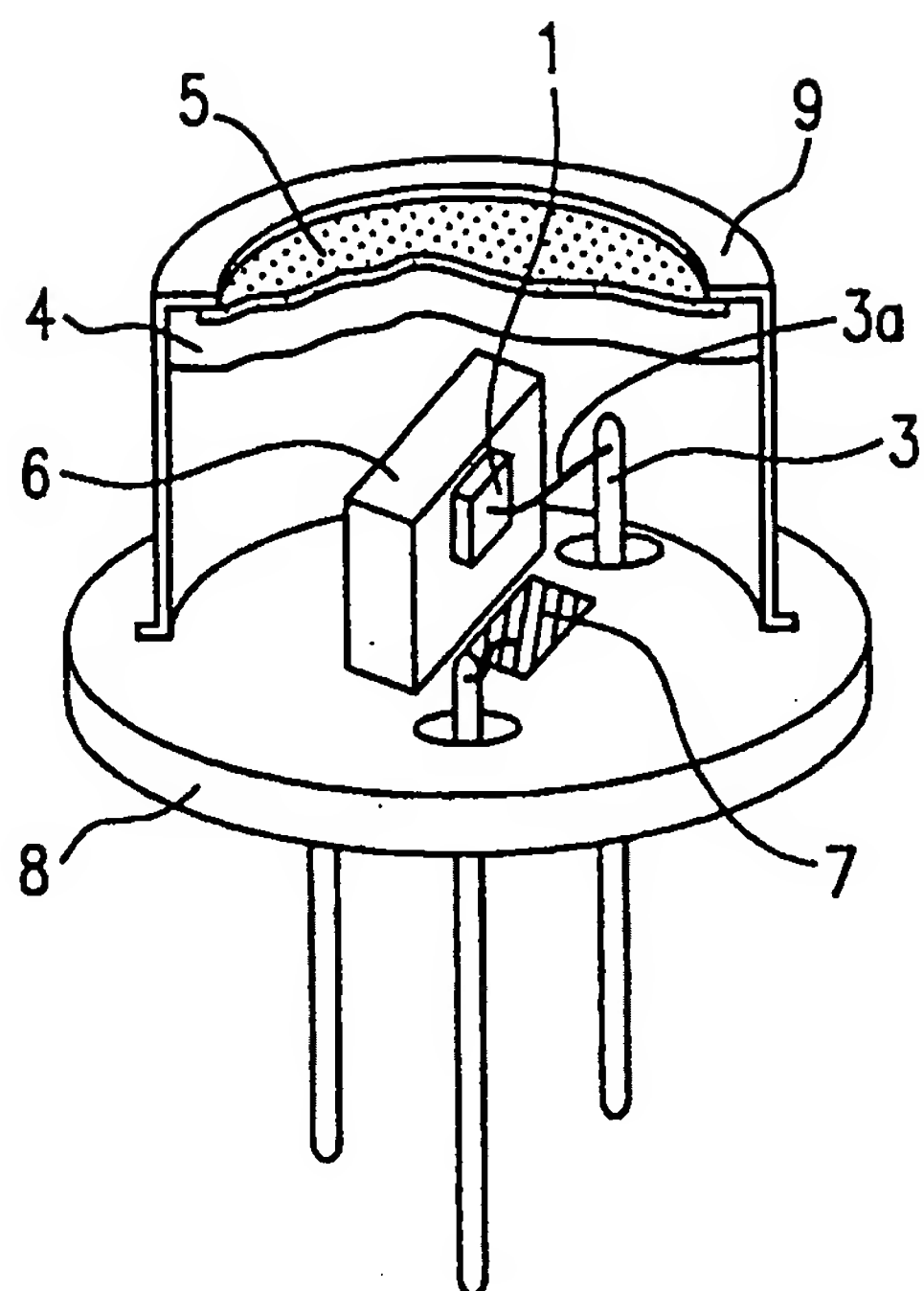
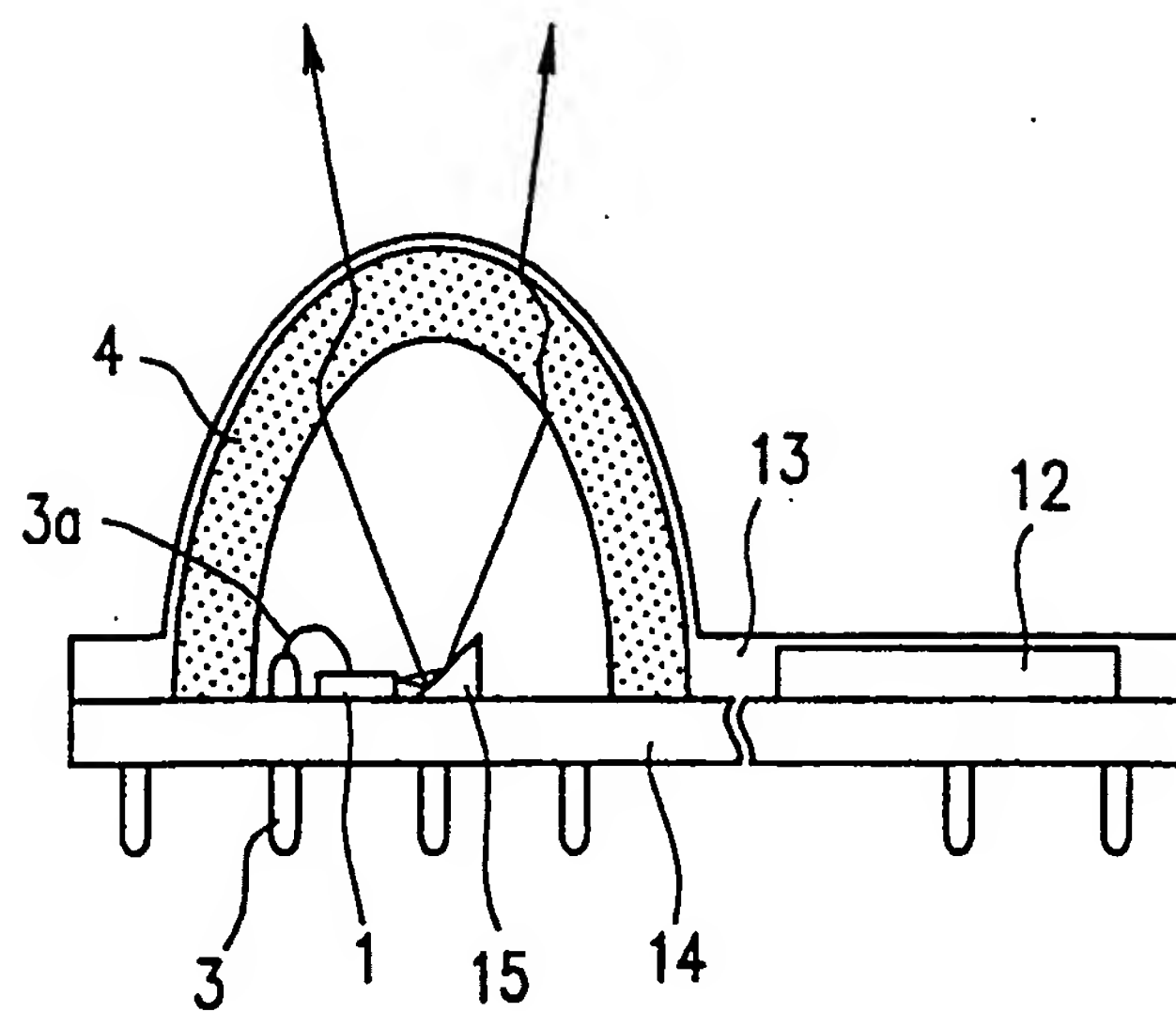


図 3

(a)



(b)

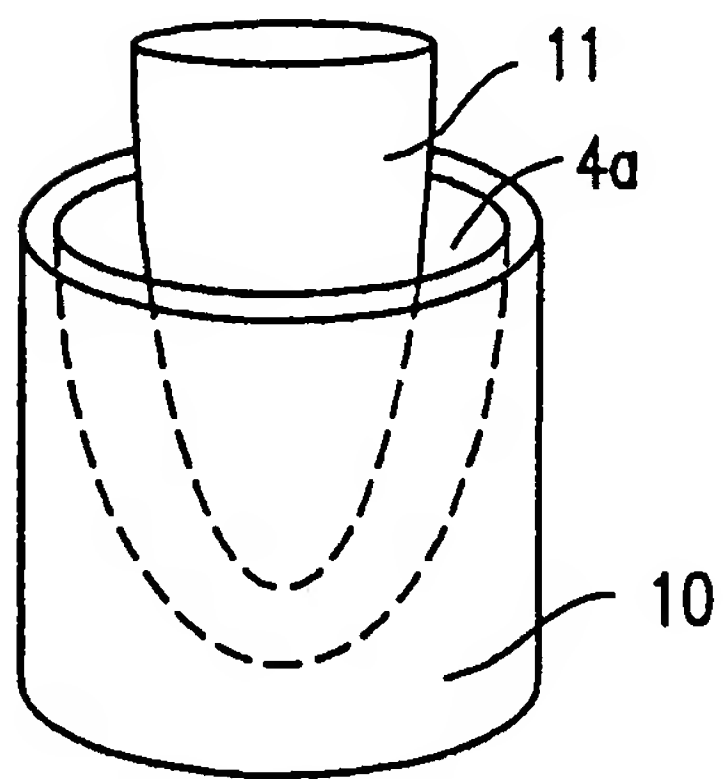


図 4

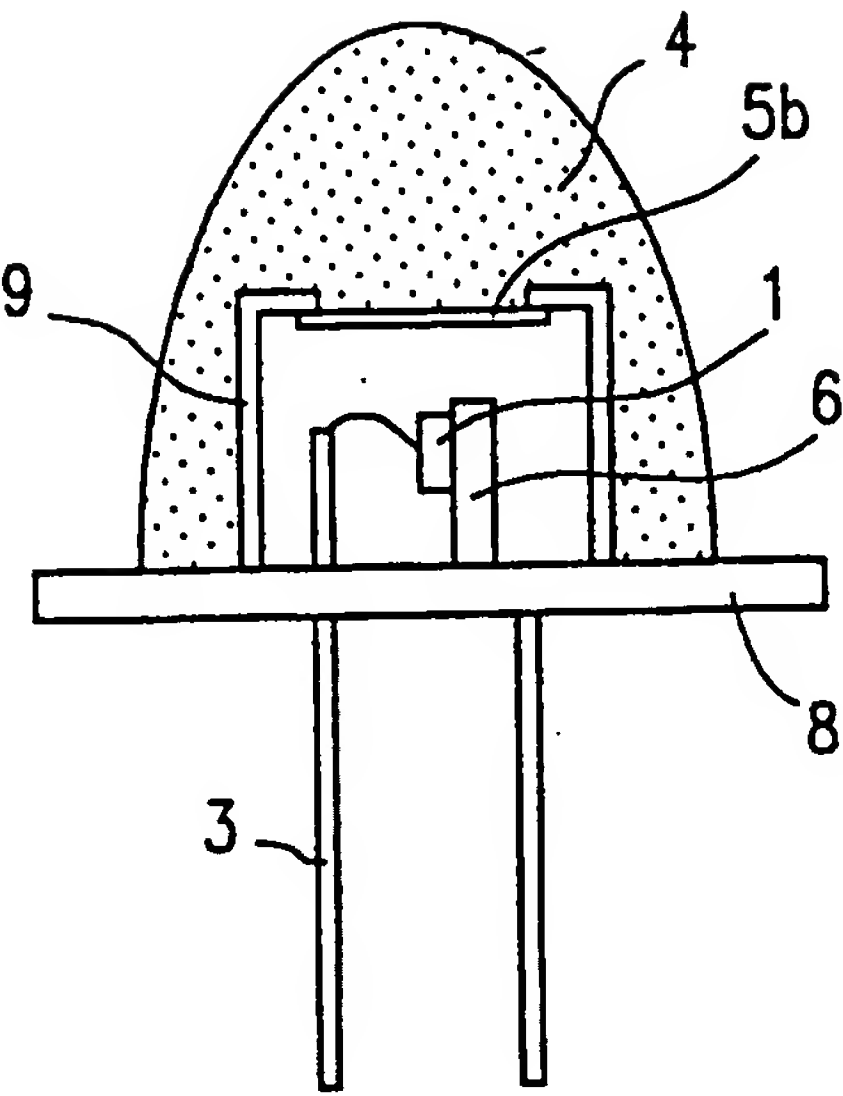


図5

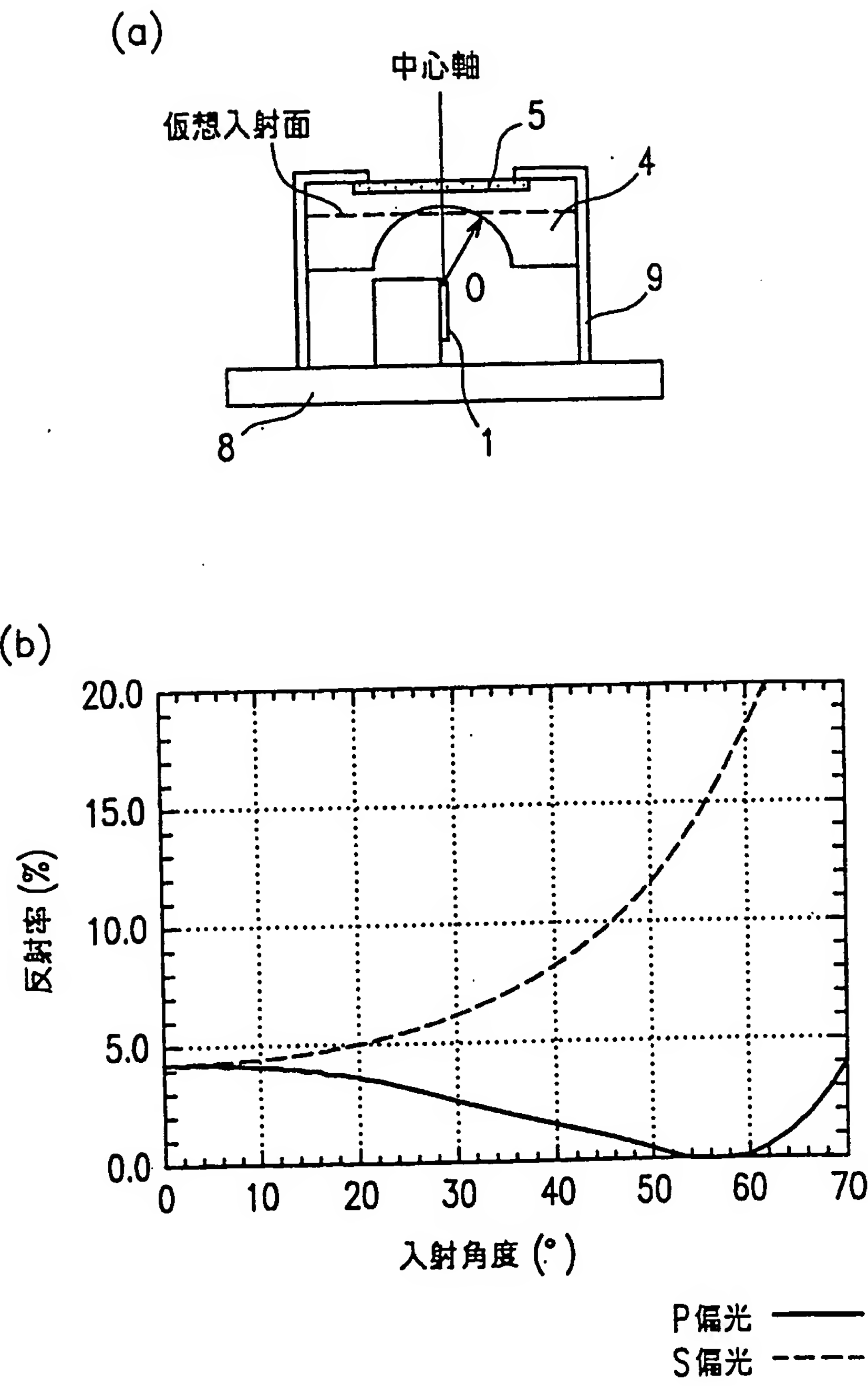




図 6

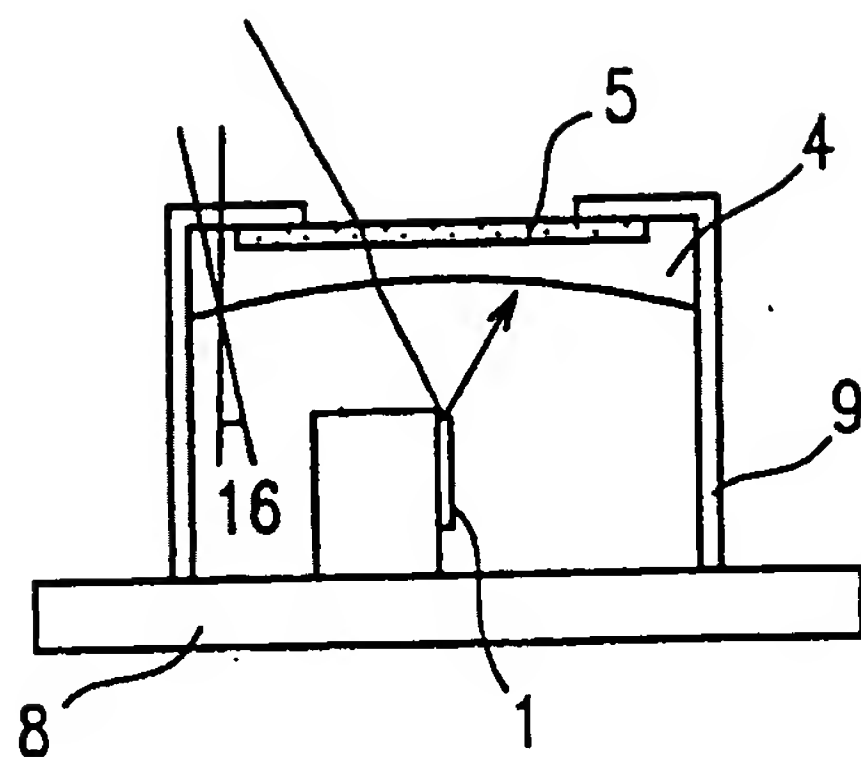


図 7

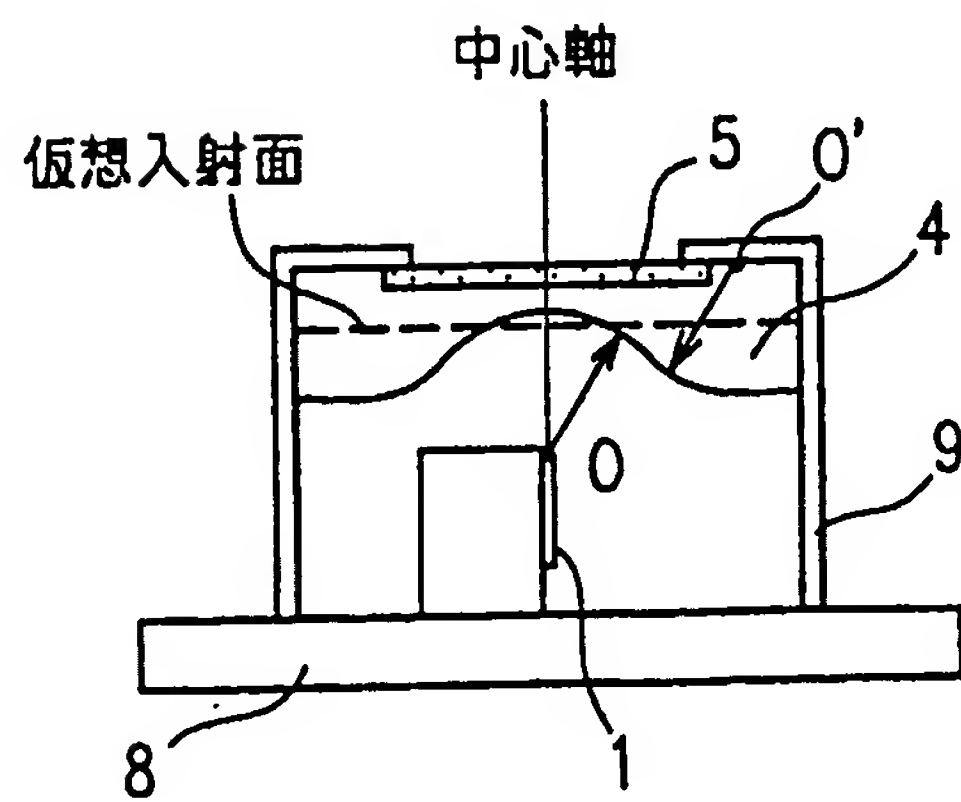


図 8

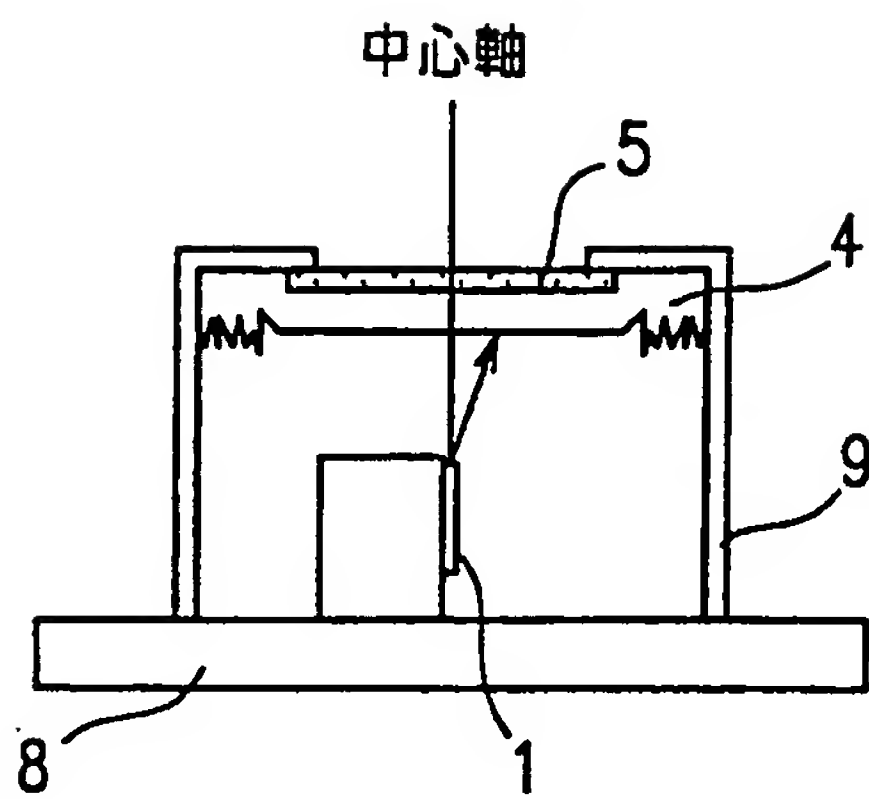
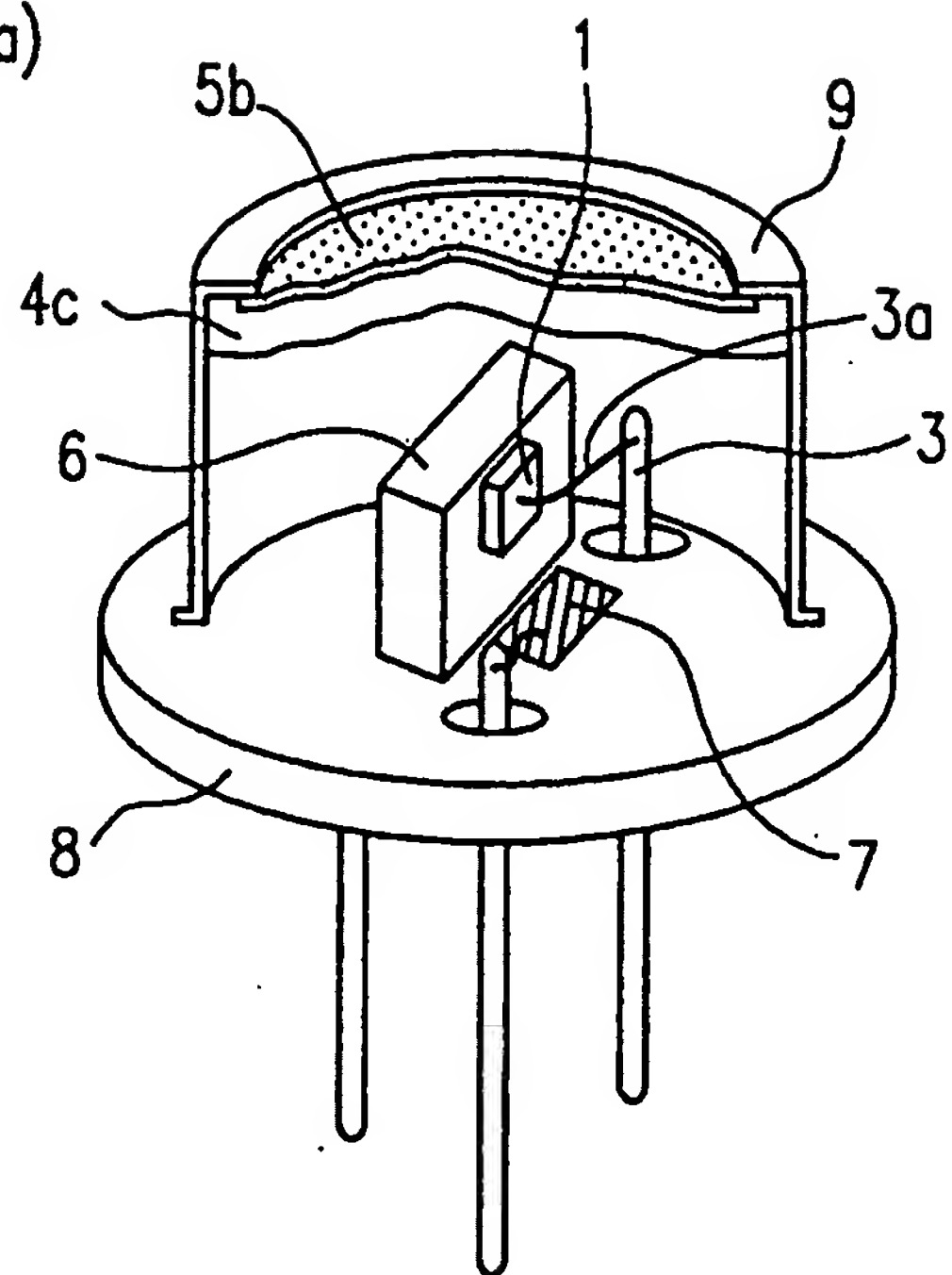


図 9

(a)



(b)

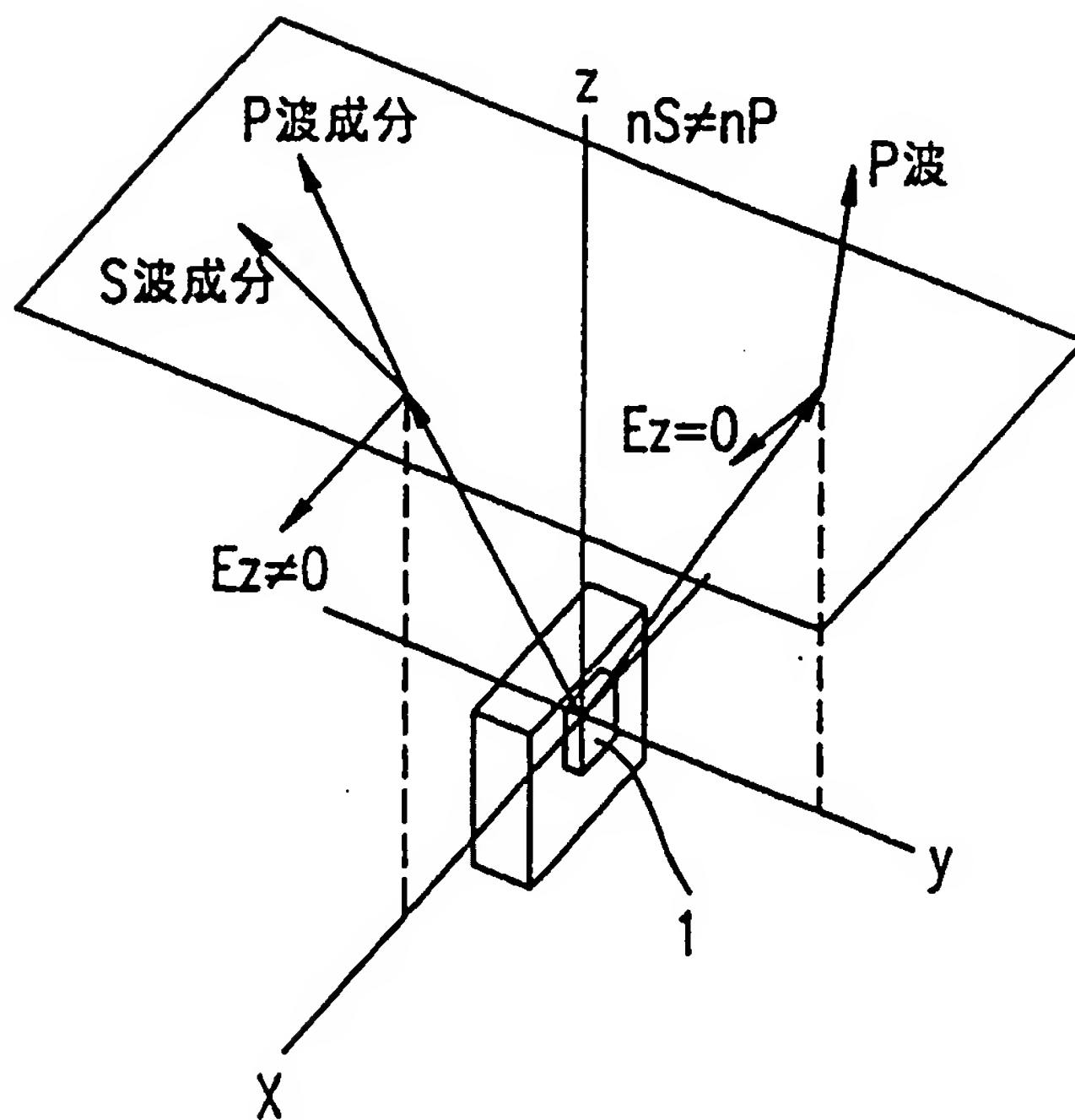
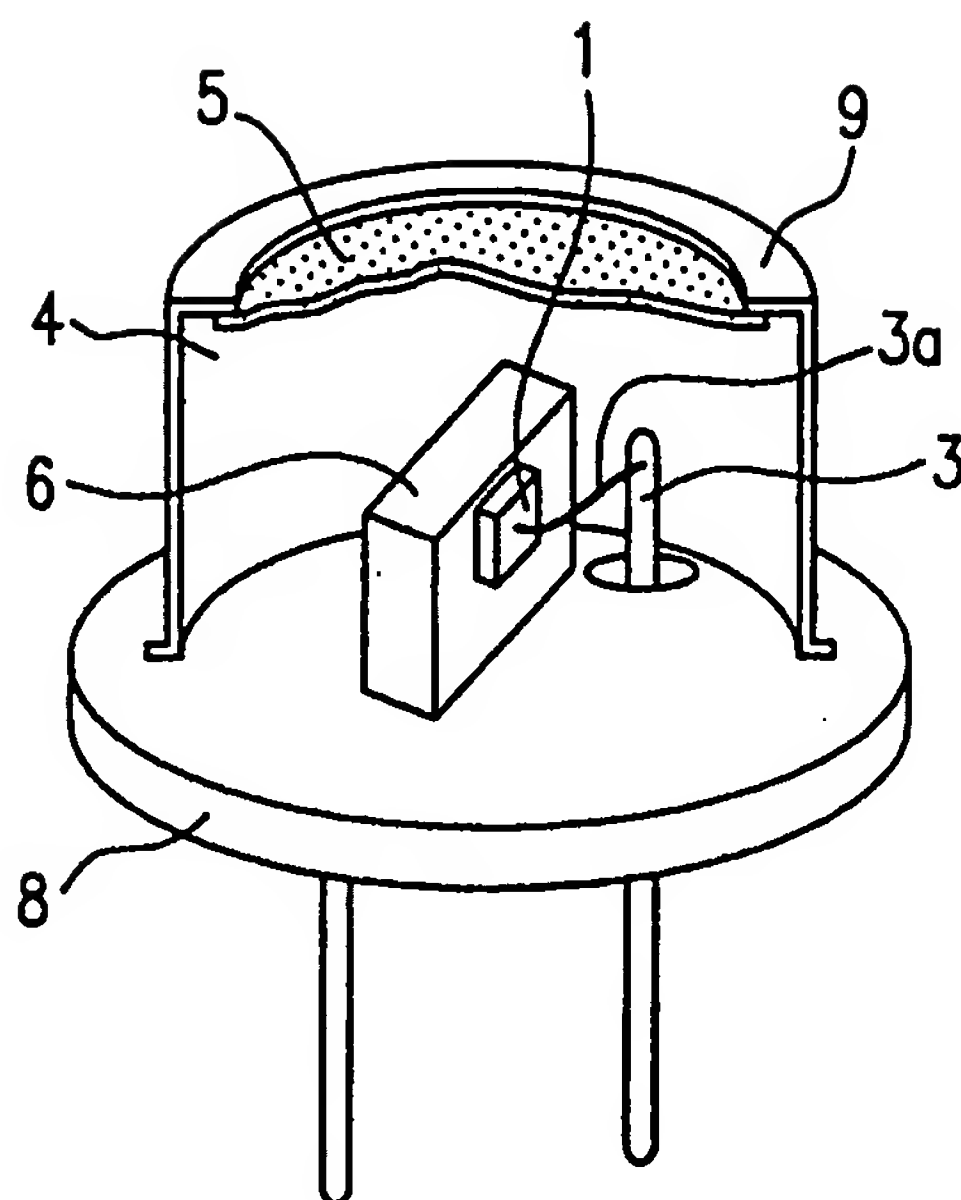


図 10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02207

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01S 5/022

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01S 5/00 - 5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1965-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 9-307174, A (Ricoh Company, Ltd.), 28 November, 1997 (28.11.97), Full text; all drawings	1, 20
X,Y	Figs. 6, 3 (Family: none)	2
X	Fig. 2	5
A	Full text; all drawings	6-9
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to The request of Japanese Utility Model Application No.85061/1989 (Laid-open No.25475/1991), (Hitachi, Ltd.), 15 March, 1991 (15.03.91), Fig.1	1, 2
A	Full text; all drawings (Family: none)	5-9
Y	JP, 8-264885, A (Sony Corporation), 11 October, 1996 (11.10.96), Full text; all drawings	1, 2, 20
Y	Par. No. 0025 (Family: none)	19
Y	JP, 10-105093, A (Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.), 24 April, 1998 (24.04.98) (Family: none)	3, 5, 7, 9, 10-16
A	JP, 63-227092, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.),	3, 10-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
14 July, 2000 (14.07.00)

Date of mailing of the international search report  
25 July, 2000 (25.07.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02207

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	21 September, 1988 (21.09.88), page 2, upper right column, lines 5 to 8 (Family: none)	
A	JP, 5-13887, A (Mitsubishi Electric Corporation), 22 January, 1993 (22.01.93) (Family: none)	3, 10-16
Y	JP, 3-8385, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 16 January, 1991 (16.01.91) (Family: none)	17-19
Y	JP, 8-331057, A (Sony Corporation), 13 December, 1996 (13.12.96), Fig. 3; Par. Nos. [0024]-[0028] (Family: none)	20
Y	JP, 6-53615, A (SEIKO EPSON CORPORATION), 25 February, 1994 (25.02.94), Full text; all drawings (Family: none)	21

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JPO0/02207	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. H01S 5/022			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. H01S 5/00 - 5/50			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1965-1996 日本国公開実用新案公報 1971-2000 日本国実用新案登録公報 1996-2000 日本国登録実用新案公報 1994-2000			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求の範囲の番号
X X, Y X A	JP, 9-307174, A (株式会社リコー) 28.11月.1997 全文, 全図 (28.11.97) 図6, 図3 (ファミリーなし) 図2 全文, 全図		1, 20 2 5 6-9
X  A	日本国実用新案出願1-85061号 (日本国実用新案登録出願公開3-25475号) の願書に添付した明細書および図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社日立製作所) 15.3月.1991 第1図 (15.03.91) 全文, 全図 (ファミリーなし)		1, 2  5-9
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 14.07.00		国際調査報告の発送日 25.07.00	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 近藤 幸浩 印 電話番号 03-3581-1101 内線 3253	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y Y	JP, 8-264885, A (ソニー株式会社) 11. 10月. 1996 全文, 全図 (11. 10. 96) 段落 0 0 2 5 (ファミリーなし)	1, 2, 20 19
Y	JP, 10-105093, A (出光石油化学株式会社) 24. 4月. 1998 全文, 全図 (24. 04. 98) (ファミリーなし)	3, 5, 7, 9, 10- 16
A	JP, 63-227092, A (松下電器産業株式会社) 21. 9月. 1988 (21. 09. 88) 第 2 頁右上欄第 5 - 8 行 (ファミリーなし)	3, 10-16
A	JP, 5-13887, A (三菱電機株式会社) 22. 1月. 1993 全文, 全図 (22. 01. 93) (ファミリーなし)	3, 10-16
Y	JP, 3-8385, A (松下電器産業株式会社) 16. 1月. 1991 第 1 図 (16. 01. 91) (ファミリーなし)	17-19
Y	JP, 8-331057, A (ソニー株式会社) 13. 12月. 1996 (13. 12. 96) 第 3 図および段落 0 0 2 4 - 0 0 2 8 (ファミリーなし)	20
Y	JP, 6-53615, A (セイコーエプソン株式会社) 25. 2月. 1994 (25. 02. 94) 全文, 全図 (ファミリーなし)	21